

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 25 179.0

**Anmeldetag:** 04. Juni 2003 —

**Anmelder/Inhaber:** Marconi Communications GmbH,  
71522 Backnang/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Montieren einer Schaltung

**IPC:** H 05 K 13/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Mai 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wallner

### Verfahren zum Montieren einer Schaltung

10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren  
zum automatischen Montieren einer elektronischen  
oder optischen Schaltung, insbesondere einer Mikro-  
wellenschaltung. Bei den meisten bekannten automa-  
tischen Bestückungsvorrichtungen und -verfahren  
15 geht es darum, eine Vielzahl von elektronischen  
Komponenten schnell und reproduzierbar auf einer  
gemeinsamen Leiterplatte zu verteilen. Eine solche  
Leiterplatte ist im Allgemeinen eben, so dass alle  
Schaltungskomponenten in der gleichen Höhe plat-  
ziert werden müssen.

20 Eine solche Leiterplatte ist meist mit einer oder  
mehreren Referenzmarkierungen, sogenannten Fidu-  
cials, versehen, die vorgesehen sind, um von einem  
Bilderkennungssystem des Bestückungsautomaten er-  
25 fasst zu werden, so dass dieser anhand der erfass-  
ten Positionen der Referenzmarkierungen und von  
Steuerdaten, die die Position der einzelnen Schal-  
tungskomponenten in Bezug auf die Referenzmarkie-  
rungen angeben, diese Schaltungskomponenten auch  
30 dann korrekt auf der Leiterplatte platzieren kann,  
wenn die Position der Leiterplatte, in der die Be-  
stückung erfolgt, nicht exakt mit einer Sollpositi-  
on übereinstimmt.

- Optische und elektrooptische Schaltungen sowie elektronische Schaltungen für Hochfrequenzanwendungen haben häufig einen komplizierten mechanischen Aufbau, bei dem die einzelnen Schaltungskomponenten auf ein oder mehrere Substrate verteilt sind, die ihrerseits auf einer Grundplatte, z.B. einer gedruckten Leiterplatte, angebracht sind.
- 10 Der Einsatz herkömmlicher Bestückungsautomaten für die Montage derartiger Schaltungen ist aus mehreren Gründen schwierig. Wenn eine Schaltung auf der Grundplatte sukzessive aus Einzelteilen aufgebaut werden soll, zu denen hier insbesondere die Substrate und die elektronischen/optischen/optoelektronischen oder in anderer Weise signalverarbeitenden Schaltungskomponenten gezählt werden sollen, so müssen diese Einzelteile extrem genau platziert werden. Fehler bei der Platzierung eines Substrats wirken sich nämlich einerseits dadurch aus, dass die Weglängen zwischen verschiedenen Substraten auf der Grundplatte von einer Vorgabe abweichen können, was das Zusammenwirken der auf den einzelnen Substraten aufgebauten Schaltungsteile beeinträchtigen kann, zum anderen führt ein Fehler bei der Platzierung des Substrats zu einem systematischen Fehler bei der Platzierung aller später darauf angebrachten Komponenten: Wenn das Substrat in eine erste Richtung aus der Sollposition heraus verschoben ist, so weisen alle auf dem Substrat angebrachten Komponenten in Bezug auf das Substrat einen systematischen Versatz auf, der entgegengesetzt gleich ist zum Versatz des Substrats in Bezug zur Grundplatte.

Man könnte zwar in Betracht ziehen, dieses Problem zu bekämpfen, indem in mehreren Schritten erst die Substrate für sich allein mit Schaltungskomponenten bestückt werden, und die so erhaltenen Hybridelemente anschließend, ggf. ebenfalls durch automatische Bestückung, auf der Grundplatte platziert werden. Ein solcher Ansatz ist jedoch sehr zeitaufwendig, denn wenn auf einer Grundplatte eine Anzahl  $n$  von Hybridelementen montiert werden soll, so erfordert dies  $n+1$  Bestückungsvorgänge, bei denen jeweils eine zu bestückende Unterlage, bei der es sich um ein Substrat oder um die Grundplatte handeln kann, am Bestückungsautomaten exakt positioniert und nach dem Bestücken abtransportiert werden muss. Diese Vielzahl von Positionier- und Bestückungsvorgängen erfordert beträchtliche Zeit. Außerdem zwingt eine solche Vorgehensweise dazu, alle Hybridelemente fertigzustellen, bevor mit ihrer Montage auf der Grundplatte begonnen wird. Die fertigen Hybride müssen eine Zeit lang auf Vorrat gehalten werden, was Verwaltungsaufwand verursacht. Da man aus Rationalisierungsgründen im Allgemeinen bestrebt sein wird, die benötigten Hybridelemente jeweils in Serien mit großen Stückzahlen zu fertigen, kann mit der Vorratshaltung der Hybridelemente auch ein beträchtlicher Kapitalaufwand verbunden sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren zum automatischen Bestücken einer Grundplatte mit Einzelteilen anzugeben, das eine wirtschaftliche automatische Fertigung auch von Hybridelemente

enthaltenden Schaltungen mit hoher Qualität ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum automatischen Bestücken einer Grundplatte mit Einzelteilen wie etwa Substraten oder Schaltungskomponenten anhand von vorgegebenen Positionsdaten mit folgenden Schritten:

- 10 a) Erfassen der Position wenigstens einer an der Grundplatte angebrachten ersten Referenzmarkierung;
- 15 b) Berechnen einer Zielposition für die Platzierung eines Substrats auf der Grundplatte anhand der erfassten Position der ersten Referenzmarkierung und der für das Substrat vorgegebenen Positionsdaten und Platzieren des Substrats an der berechneten Position,
- 20 c) Erfassen der Position wenigstens einer an dem Substrat angebrachten zweiten Referenzmarkierung;
- 25 d) Berechnen einer Zielposition für die Platzierung eines Einzelteils auf dem Substrat anhand der erfassten Position der zweiten Referenzmarkierung und der für das Einzelteil vorgegebenen Positionsdaten und Platzieren des Einzelteils an der berechneten Zielposition.

30 Dabei kann es sich bei dem mit Bezug auf Schritt d) genannten Einzelteil um eine Schaltungskomponente, aber auch um ein weiteres Substrat handeln.

Die Erfassung der Position der wenigstens einen ersten Referenzmarkierung erlaubt es, die Position

- der Grundplatte, die diese am Bestückungsautomaten einnimmt, mit einer erwarteten oder Idealposition zu vergleichen und beim Bestücken der Grundplatte zu berücksichtigen. So führen Fehler bei der Positionierung der Grundplatte nicht notwendigerweise zu systematischen Positionsabweichungen der unmittelbar auf der Grundplatte angebrachten Schaltungskomponenten. Wenn eines der - mittelbar oder unmittelbar - an der Grundplatte angebrachten Einzelteile ein Substrat ist, das als Träger für weitere Einzelteile dienen soll, so ermöglicht es die Erfassung der Position dieses Substrats, dessen tatsächliche Position mit einer durch die vorgegebenen Positionsdaten spezifizierten Position zu vergleichen und Abweichungen zwischen beiden bei der Platzierung eines Einzelteils auf dem Substrat zu berücksichtigen. Systematische Fehler bei der Platzierung von Einzelteilen auf dem Substrat werden so vermieden, und die Genauigkeit der Platzierung dieser Einzelteile ist genauso gut, wie wenn das betreffende Substrat für sich alleine bestückt und erst anschließend auf der Leiterplatte montiert worden wäre.
- Wenn in Schritt a) oder c) jeweils nur gemeinsame Referenzmarkierung erfasst wird, so ermöglicht dies die Berechnung eines Versatzes zwischen tatsächlicher und erwarteter Position der Grundplatte bzw. des Substrats unter der Annahme, dass die Orientierung der Grundplatte bzw. des Substrats korrekt ist. Werden wenigstens zwei Referenzmarkierungen erfasst, so können sowohl ein Versatz als auch eine Verdrehung der Grundplatte bzw. des Substrats gegen

die erwartete Position berechnet und kompensiert werden.

- 5 Um ein Einzelteil an der Oberfläche der Grundplatte oder eines darauf angebrachten Substrats zu fixieren, wird das Einzelteil vorzugsweise mit einer festgelegten Andrückkraft und/oder -zeitdauer gegen eine auf die Grundplatte bzw. das Substrat aufgetragene Klebstoffschicht gedrückt. Die Andrückzeit bzw. -kraft ist so bemessen, dass die Klebstoffschicht von dem Einzelteil zusammengedrückt wird und einen möglichst großflächigen Kontakt zwischen Einzelteil und Substrat herstellt, ohne jedoch an seitlichen Rändern des Einzelteils, insbesondere 10 solchen, an denen ein Signalübergang zu einem anderen Einzelteil erfolgt, so weit hervorzuquellen, dass sich dies auf die Signalübertragung zwischen den Einzelteilen auswirkt.
- 15 20 Um dies zu erreichen, ist es zweckmäßig, die Antriebskraft und/oder -zeitdauer in Abhängigkeit von der Gestalt des zu klebenden Einzelteils festzulegen. Je größer dessen Fläche ist, umso größer ist im Allgemeinen die Zeit, die die Klebstoffschicht 25 braucht, um sich gleichmäßig unter dem Einzelteil zu verteilen, und die eventuell in der Klebstoffschicht eingeschlossene Luft braucht, um aus der Schicht zu entweichen.
- 30 Um beim Platzieren der Einzelteile eine Beschädigung derselben oder eines Substrats, auf dem sie platziert werden, zu vermeiden, wird das vom Bestückungsautomaten gehaltene und in einer zur Oberfläche des Substrats im Wesentlichen senkrechten Rich-

tung bewegte Einzelteil vor Erreichen der Oberfläche des Substrats abgebremst.

Die für eine rechtzeitige Abbremsung erforderliche  
5 Kenntnis über die Lage dieser Oberfläche kann eine  
Steuerung des Bestückungsautomaten durch direkte  
Messung, z.B. durch optische Triangulation dieser  
Oberfläche gewinnen. Sie kann aber auch aus einer  
bekannten Höhe der Grundplatte und der als bekannt  
10 vorausgesetzten Dicke des Substrats berechnet werden.  
Die Höhe der Grundplatte kann als eine Konstante  
des Bestückungsautomaten angesehen werden; um eventuelle  
Ungenauigkeiten bei der Platzierung der Grundplatte zu  
berücksichtigen, kann vorgesehen werden, dass die Position  
15 von wenigstens drei ersten Referenzmarkierungen an der  
Grundplatte in allen drei Raumrichtungen (einschließlich der  
Höhe) erfasst wird, und dass die Höhe des Substrats an  
der Zielposition, an der das Einzelteil angebracht  
20 werden soll, anhand der erfassten Höhen dieser drei  
ersten Referenzmarkierungen berechnet wird.

Die Schritte des oben beschriebenen Verfahrens können  
sämtlich an einem einzelnen Bestückungsautomaten  
25 durchgeführt werden, der sukzessive die Bestückung  
der Grundplatte mit einem oder mehreren Substraten  
sowie mit auf den Substraten anzubringenden weiteren  
Einzelteilen durchführt. Es ist jedoch auch möglich,  
die Durchführung des Verfahrens auf  
30 zwei (oder mehr) Bestückungsautomaten aufzuteilen,  
dergestalt, dass für wenigstens eines der auf der  
Grundplatte zu platzierenden Substrate die Schritte  
a) und b) an einem ersten Bestückungsautomaten und  
die Schritte c) und d) für wenigstens ein auf dem

betreffenden Substrat anzubringendes Einzelteil an einem zweiten Bestückungsautomaten durchgeführt werden. Auf diese Weise lässt sich die Zahl von unterschiedlichen Einzelteilen, die von einem Bestückungsautomat gehandhabt werden müssen, reduzieren, so dass die von einem Greifer des Bestückungsautomaten zwischen einem Vorrat an Einzelteilen und der Grundplatte zurückzulegenden Wege verkürzt werden können und damit die Bestückungsfrequenz erhöht werden kann.

Vorzugsweise werden die vorgegebenen Positionsdaten, die der wenigstens eine Bestückungsautomat benötigt, direkt von einem CAD-System an den Bestückungsautomaten übertragen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf einen Bestückungsautomaten, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist;

Fig. 2 eine schematische perspektivische Ansicht einer Grundplatte mit darauf platzierten Schaltungskomponenten;

Fig. 3 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Bestückungsverfahrens;

Fig. 4A - 4C Diagramme zur Veranschaulichung der Wirkungsweise des Verfahrens; und

Fig. 5            Unterschritte der Schritte S6, S11 des Verfahrens aus Fig. 3

10           Fig. 1 ist eine schematische Draufsicht auf einen Bestückungsautomaten, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren ausführbar ist. Der Automat umfasst auf einer schwingungsgedämpften Tischplatte 1 zwei Bandfördereinrichtungen 2, 3, die dazu dienen, Schaltungsträger 4, auf denen eine zu bestückende Grundplatte 6 mit Hilfe von Pratzen 5 festgespannt ist, von einem nicht im Detail dargestellten Magazinlader 7 zu einer Bestückungsstelle 8 und, nach erfolgter Bestückung, zur weiteren Verarbeitung aus dem Bestückungsautomaten herauszubefördern. Die Bandfördereinrichtungen, 2, 3 weisen jeweils eine langgestreckte horizontale Platte 9 auf, um die in 15 einem Randbereich angetriebene Bänder 10 geschlungen sind, auf denen die zu befördernden Schaltungsträger 4 ruhen. Die Schaltungsträger 4 sind mit geringem Spiel zwischen seitlichen Flanken 11 geführt.

25           Die Bestückungsstelle 8 ist durch einen in die Platte 9 der Bandfördereinrichtung 3 eingelassenen, vertikal verschiebbaren Tisch gebildet, der zum Bestücken gegen einen Anschlag hochgefahren wird, um 30 den Schaltungsträger 4 von den Bändern 10 abzuheben und in eine exakt bestimmte und reproduzierbar einstellbare Höhe zu bringen.

Ein Dispenser 13 für Klebstoff und ein Greifer 14 sind an Schienen 15 parallel zur Förderrichtung der Bandfördereinrichtungen 2, 3 und an Schienen 16, 17 quer zur Förderrichtung beweglich. Außerdem sind der Dispenser 13 und der Greifer 14 höhenverstellbar. Eine Steuerschaltung 18 steuert die Bewegungen des Dispensers 13 und des Greifers 14 anhand von Konstruktionsdaten der auf der Grundplatte 6 zu montierenden Schaltung. Zum Empfang dieser Konstruktionsdaten ist die Steuerschaltung 18 mit einer digitalen Schnittstelle und/oder einem Lesegerät für tragbare Datenträger ausgestattet.

Die Steuerschaltung 18 ist außerdem an zwei Kameras 19 gekoppelt, die über der Tischplatte 1 gehalten und aus verschiedenen Richtungen auf die Bestückungsstelle 8 ausgerichtet sind.

Fig. 2 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Beispiels der Grundplatte 6 mit einer Mehrzahl von darauf platzierten Einzelteilen, darunter Substrate 20, 21, 22 und auf den Substraten platzierte elektronische Komponenten 23. Die Grundplatte 6 ist mit drei Referenzmarkierungen 24 versehen. Wenn sich die Grundplatte 6 an der Bestückungsstelle 8 befindet, werden diese Referenzmarkierungen 24 von den Kameras 19 erfasst, und die Steuerschaltung 18 berechnet die Position der Referenzmarkierungen 24 in einem auf den Bestückungsautomaten bezogenen Koordinatensystem  $x, y, z$ , dessen Achsen beispielsweise so gewählt sind, dass  $x$  mit der Förderrichtung,  $y$  mit der Querrichtung in der horizontalen Ebene und  $z$  mit der Vertikalen zusammenfällt.

Bei einer einfachen Ausgestaltung des Verfahrens kann sich die Steuerschaltung 18 darauf beschränken, die x- und y-Koordinaten der Referenzmarkierungen 24 zu erfassen und die z-Koordinate der zu bestückenden Oberseite der Grundplatte 6 als durch die Höhe des verschiebbaren Tisches an der Bestückungsstelle 8 und die Dicke der Grundplatte 6 gegeben und konstant anzunehmen.

- 10 Zu diesem Zweck könnte auch eine im Vergleich zu Fig. 1 vereinfachte Ausgestaltung eines Bestückungsautomaten mit einer einzigen Kamera 19 ausreichen, die dann vorzugsweise vertikal von oben auf die Grundplatte 6 ausgerichtet ist. Eine ungefähre Messung der z-Koordinate der Grundplatte ist auch mit Hilfe einer solchen Kamera unter Anwendung von aus der Fotografie bekannten Autofocus-Techniken möglich. Bei der in Fig. 1 gezeigten Ausgestaltung mit zwei Kameras 19 kann die Steuerschaltung 18 die x-, y- und z-Koordinaten der Referenzmarkierungen 24 aus den von den Kameras 19 aufgenommenen Bildern mit gleicher Genauigkeit berechnen.
- 25 Der Bestückungsautomat der Fig. 1 dient sowohl zum Auftragen von Klebstoff mit Hilfe des Dispensers 13 als auch zum Platzieren von Einzelteilen der Schaltung mit Hilfe des Greifers 14 auf dem aufgetragenen Klebstoff, während sich die Grundplatte 6 an der Bestückungsstelle 8 befindet. Um zu verhindern, dass sich Dispenser 13 und Greifer 14 bei der Bearbeitung einer Grundplatte behindern, oder um den Durchsatz des Bestückungsautomaten zu erhöhen, sind
- 30 einer nicht in einer Figur dargestellten Weiterbil-

5      dung zufolge zwei jeweils durch Bandfördereinrichtungen wie 2, 3 verbundene Bearbeitungsstellen vorgesehen, wobei an einer ersten dieser Bearbeitungsstellen der Dispenser Klebstoff auf einer Grundplatte verteilt und gleichzeitig an der zweiten Bearbeitungsstelle der Greifer eine andere Grundplatte bestückt.

10      Fig. 3 verdeutlicht die Arbeitsweise des Bestückungsautomaten aus Fig. 1 anhand eines Flussdiagramms. In Schritt S1 wird die Grundplatte der zu montierenden Schaltung an der Bestückungsstelle 8 in Stellung gebracht. In Schritt S2 erfassen die  
15      Kameras 19 die Referenzmarkierungen 24 der Grundplatte 1.

20      Die Koordinaten der Referenzmarkierungen 24, angegeben in einem von dem CAD-System verwendeten Koordinatensystem, sind auch in den der Steuerschaltung 18 zur Verfügung gestellten Konstruktionsdaten enthalten. Anhand dieser Koordinaten und der im xyz-Koordinatensystem erfassten Koordinaten ist die  
25      Steuerschaltung 18 in der Lage, eine Transformationsvorschrift für die Umrechnung von in den Konstruktionsdaten enthaltenen Angaben zur Position der Einzelteile aus dem a priori unbekannten Koordinatensystem des CAD-Systems in das xyz-Koordinatensystem des Bestückungsautomaten zu berechnen (S3) und eine solche Umrechnung vorzunehmen  
30      (Schritt S4).

In einem nächsten Schritt S5 wählt die Steuerschaltung 18 unter den diversen in den Konstruktionsdaten definierten Schaltungskomponenten ein auf der

Grundplatte 6 zu platzierendes Substrat wie etwa  
das Substrat 20 des Beispiels der Fig. 2 aus. Zu  
diesem Zweck können die Konstruktionsdaten zu jedem  
Einzelteil eine Angabe darüber enthalten, worauf -  
5 auf der Grundplatte 6 oder einem (mittelbar oder  
unmittelbar auf der Grundplatte 6 zu platzierenden)  
Substrat - es montiert werden soll. Es ist aber  
auch möglich, anhand von in den Konstruktionsdaten  
enthaltenen Angaben zur Gestalt der Grundplatte und  
10 zu Position und Gestalt der Einzelteile zu berech-  
nen, welche von ihnen unmittelbar auf der Grund-  
platte montiert werden müssen.

Nachdem in den Daten das Substrat 20 ausgewählt  
15 worden ist, veranlasst die Steuerschaltung 18 den  
Greifer 14, ein Exemplar dieses Substrats 20 aus  
einem Teilevorrat 25 zu greifen und in Schritt S6  
entsprechend den Angaben in den Konstruktionsdaten  
auf der Grundplatte 6 zu platzieren.

20 Das Substrat 20 ist seinerseits mit Referenzmarkie-  
rungen 26 versehen, die in Schritt S7 von der Steu-  
erschaltung 18 erfasst werden. Wenn die Platzierung  
des Substrats 20 absolut exakt gewesen wäre, so  
25 müssten die erfassten Positionen der Referenzmar-  
kierungen 26 mit in den Konstruktionsdaten spezifi-  
zierten theoretischen Positionen übereinstimmen.  
Anhand von Abweichungen zwischen den gemessenen und  
den theoretischen Positionen der Referenzmarkierun-  
30 gen 26 berechnet die Steuerschaltung 18 in Schritt  
S8 eine weitere Transformationsvorschrift, welche  
die theoretischen Positionen der Referenzmarkierun-  
gen 26 in die gemessenen Positionen transformiert.  
Diese Transformationsvorschrift wird in Schritt S9

auf die Positionsdaten aller auf dem Substrat 20 mittelbar oder unmittelbar zu platzierenden Einzelteile, im Beispiel der Fig. 2 also auf die Substrate 21, 22 und die auf diesen befindlichen elektronischen Komponenten 23, angewendet.

Den Sinn dieser Vorgehensweise verdeutlichen die Fig. 4A - 4C. Vektoren  $V_{20}$ ,  $V_{21}$  bezeichnen die durch die Transformation des Schritts S4 erhaltenen Positionen eines Bezugspunktes, hier einer Ecke, der Substrate 20, 21 in der xy-Ebene des xyz-Koordinatensystems des Bestückungsautomaten. Die Position der zwei Substrate ist jeweils durch den Vektor und einen Orientierungswinkel  $\alpha_{20}$  bzw.  $\alpha_{21}$  vollständig definiert.

Fig. 4B zeigt als gestrichelten Umriss die Sollposition des Substrats 20, wie in den Konstruktionsdaten spezifiziert, und - mit einer stark übertriebenen Abweichung - als durchgezogenen Umriss eine tatsächliche Position des platzierten Substrats 20. Wie man sofort erkennt, würde es zu einer fehlerhaften Positionierung des Substrats 21 auf dem Substrat 20 kommen, wenn die Abweichung des Substrats 20 bei der Platzierung des Substrats 21 unberücksichtigt bliebe. Durch die Transformation des Schritts S9 verschiebt sich jedoch die Position, an der die Steuerschaltung 18 das Substrat 21 montieren wird, auf die in Fig. 4C als durchgezogener Umriss 21 dargestellte Position, so dass das Substrat 21 in Bezug auf das Substrat 20 wieder korrekt platziert wird.

Nach dieser Korrektur wählt die Steuerschaltung unter den auf dem Substrat 20 zu platzierenden Schaltungskomponenten eine aus, die unmittelbar auf dem Substrat 20 zu platzieren ist, im Falle der Fig. 2  
5 also eines der Substrate 21, 22, und platziert dieses in Schritt S11. Da es sich bei der platzierten Schaltungskomponente um ein Substrat handelt, verzweigt das Verfahren in Schritt S12 rekursiv zurück zu Schritt S7, wo Referenzmarkierungen, diesmal auf  
10 dem Substrat 21, erfasst werden. Wiederum wird eine Transformationsvorschrift erzeugt, die nun auf die Koordinaten der auf dem Substrat 21 zu platzierenden Einzelteile angewendet wird. Im hier betrachteten Fall sind diese Einzelteile keine Substrate,  
15 sondern zwei elektronische Schaltungskomponenten 23, die durch zweimaliges Durchlaufen der Schritte S11 bis S13 platziert werden. Wenn unter den zu platzierenden Einzelteilen Substrate wären, müssten die Schritte S7 bis S13 auf einer weiteren, in Fig.  
20 3 nicht mehr dargestellten Rekursionsebene wiederholt werden.

Nachdem das Substrat 21 vollständig bestückt ist, kehrt das Verfahren zu Schritt S13 der ersten Rekursionsebene zurück, wo das Substrat 22 platziert  
25 und anschließend die Schritte S7 bis S13 für die darauf zu platzierenden elektronischen Komponenten 23 rekursiv durchlaufen werden.

30 Nachdem auf diese Weise das Substrat 20 vollständig bestückt worden ist, überprüft die Steuerschaltung 18 in Schritt S14, ob in den Konstruktionsdaten weitere auf der Grundplatte 6 zu platzierende Sub-

strate übrig sind. Da dies im Beispielfall der Fig. 2 nicht der Fall ist, endet das Verfahren hier.

Die beim Platzieren eines Einzelteils in den Schritten S6 und S11 durchzuführenden Unterschritte werden anhand des Flussdiagramms der Fig. 5 kurz erläutert.

10 Zunächst wird in Schritt S60 Klebstoff auf dem Teil der Oberfläche des Substrats verteilt, auf dem das Einzelteil platziert werden soll. Dieser Schritt kann für alle auf einem Substrat zu platzierenden Teile nacheinander durchgeführt werden, bevor mit dem Platzieren begonnen wird.

15 Nachdem der Greifer 14 ein Einzelteil aus einem von der Steuerschaltung 18 spezifizierten Teilevorrat aufgenommen hat, fährt er in Schritt S61 eine Position in der xy-Ebene oberhalb der für das betreffende Einzelteil in den Konstruktionsdaten spezifizierten Position an. Diese Bewegung kann zum Teil gleichzeitig mit einer schnellen Absenkbewegung des Greifers in Schritt S62 erfolgen, zumindest bis in eine Höhe, in der noch kein Kontakt mit bereits platzierten Schaltungskomponenten zu befürchten ist. Die Höhe (die z-Koordinate) der Oberfläche, auf der die Schaltungskomponente abgesetzt werden soll, ist bekannt, entweder durch Berechnung aus von den Kameras 19 erfassten Positionen von Referenzmarkierungen wie 24 oder 26 dieser Oberfläche, oder durch Berechnung aus den Konstruktionsdaten.

30 Sobald eine von der Bewegungsgeschwindigkeit des Greifers abhängige Grenzhöhe unterschritten ist

(S63) wird die Geschwindigkeit des Greifers herab-  
gesetzt (S64), um einen unsanften Zusammenstoß zwi-  
schen dem vom Greifer gehaltenen Einzelteil und der  
zu bestückenden Oberfläche zu verhindern, der zu  
5 einer Beschädigung des Einzelteils oder zu einem  
unkontrollierten Austritt von Klebstoff aus dem  
Spalt zwischen dem Einzelteil und der Oberfläche  
führen könnte. Der Greifer ist mit einem Kraftsen-  
sor ausgestattet, der es ermöglicht, einen Druck zu  
10 erfassen, der auf das Einzelteil wirkt, sobald es  
mit der Klebstoffschicht an der Oberfläche in Kon-  
takt kommt. Diese Kraft wird auf einen in Abhängig-  
keit von der Viskosität des Klebstoffs und der Grö-  
ße und Gestalt der Kontaktfläche zwischen Einzel-  
15 teil und Klebstoffschicht vorgegebenen Wert einge-  
stellt, der in den Konstruktionsdaten spezifiziert  
ist. Dieser Wert ist empirisch so festgelegt, dass  
die Klebstoffschicht weit genug zusammengedrückt  
wird, um Luft aus dem Spalt zwischen Einzelteil und  
20 Oberfläche zu verdrängen, ohne aber dazu zu führen,  
dass Klebstoff seitlich unter der Schaltungskompo-  
nente so weit hervortritt, dass er die Signalüber-  
tragung an dem angedrückten Einzelteil oder benach-  
barten Einzelteilen - z.B. durch Aufsteigen in ei-  
25 nem Spalt zwischen zwei solchen Einzelteilen - be-  
einflusst. Der Druck wird über eine kurze Zeitspan-  
ne aufrecht erhalten, unter Berücksichtigung der  
Viskositätseigenschaften des Klebstoffs, die lang  
genug gewählt ist, damit sich elastische Spannungen  
30 in der Klebstoffschicht abbauen können, so dass das  
Einzelteil, wenn der Greifer es loslässt und wieder  
abgehoben wird, exakt in der Position verbleibt, in  
der es abgesetzt wurde.

G. 81670

### Patentansprüche

5

1. Verfahren zum automatischen Bestücken einer Grundplatte (6) mit Einzelteilen (20 - 23) einer Schaltung wie insbesondere Substraten (20 - 22) und Schaltungskomponenten (23) anhand von vorgegebenen Positionsdaten, mit den Schritten:

10

a) Erfassen (S2) der Position wenigstens einer an der Grundplatte (6) angebrachten ersten Referenzmarkierung (24);

15

b) Berechnen (S4) einer Zielposition für die Platzierung eines Substrats (20) auf der Grundplatte (6) anhand der erfassten Position der ersten Referenzmarkierung (24) und der für das Substrat (20) vorgegebenen Positionsdaten und Platzieren (S6) des Substrats (20) an der berechneten Position;

20

c) Erfassen (S7) der Position wenigstens einer an dem Substrat (20) angebrachten zweiten Referenzmarkierung (26);

25

d) Berechnen (S9) einer Zielposition für die Platzierung eines weiteren Einzelteils (21, 22) auf dem Substrat (20) anhand der erfassten Position der zweiten Referenzmarkierung (26) und der für das Einzelteil (21, 22) vorgegebenen Positionsdaten und Platzieren (S11) des Einzelteils (21, 22) an der berechneten Zielposition.

30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einzelteil (21, 22) mit einer festgelegten Andrückkraft und/oder -zeitdauer gegen eine auf das Substrat (20) aufgetragene Klebstoffschicht gedrückt wird (S65).
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Andrückkraft und/oder -zeitdauer in Abhängigkeit von der Gestalt des Einzelteils (21, 22) festgelegt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass beim Platzieren das Einzelteil (21, 22) in vertikaler Richtung auf das Substrat (20) zubewegt (S62) und vor Erreichen der Oberfläche des Substrats abgebremst wird (S64).
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) (S9) die Zielposition des Einzelteils in drei Raumrichtungen unter Berücksichtigung der Dicke des Substrats (20) berechnet wird, und dass das Einzelteil (21, 22) vor Erreichen der Höhe der so berechneten Zielposition abgebremst wird (S64).
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Positionen von wenigstens drei ersten Referenzmarkierungen (24) in allen drei Raumrichtungen erfasst werden (S2), und dass die Höhe des Substrats (20) an der Zielposition anhand der erfassten Höhen der drei ersten Referenzmarkierungen (24) berechnet (S9) wird.

- 5 7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Substratoberfläche an der Zielposition gemessen wird und dass das Einzelteil (21, 22) vor Erreichen der gemessenen Höhe abgebremst (S64) wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte a) bis d) durchgeführt werden, während sich die Grundplatte an einem gleichen Bestückungsautomaten befindet.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte a) und b) an einem ersten und die Schritte c) und d) an einem zweiten Bestückungsautomaten durchgeführt werden.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebenen Positionsdaten aus einem CAD-System in alle Bestückungsautomaten übertragen werden, die die Schritte a) bis d) durchführen.
- 25

### Zusammenfassung

5

Beim automatischen Bestücken einer Grundplatte (6) mit Einzelteilen (20 - 23) einer Schaltung anhand von vorgegebenen Positionsdaten wird

10

a) die Position wenigstens einer an der Grundplatte (6) angebrachten ersten Referenzmarkierung (24) erfasst;

15

b) eine Zielposition für die Platzierung eines Substrats (20) auf der Grundplatte (6) anhand der erfassten Position der ersten Referenzmarkierung (24) und der Positionsdaten berechnet und das Substrat (20) an der berechneten Position platziert;

20

c) die Position wenigstens einer an dem Substrat (20) angebrachten zweiten Referenzmarkierung (26) erfasst;

25

d) eine Zielposition für die Platzierung eines weiteren Einzelteils (21, 22) auf dem Substrat (20) anhand der erfassten Position der zweiten Referenzmarkierung (26) und der für das Einzelteil (21, 22) vorgegebenen Positionsdaten berechnet und das Einzelteil (21, 22) an der berechneten Zielposition platziert.

(Figur 2)

**Fig. 1**

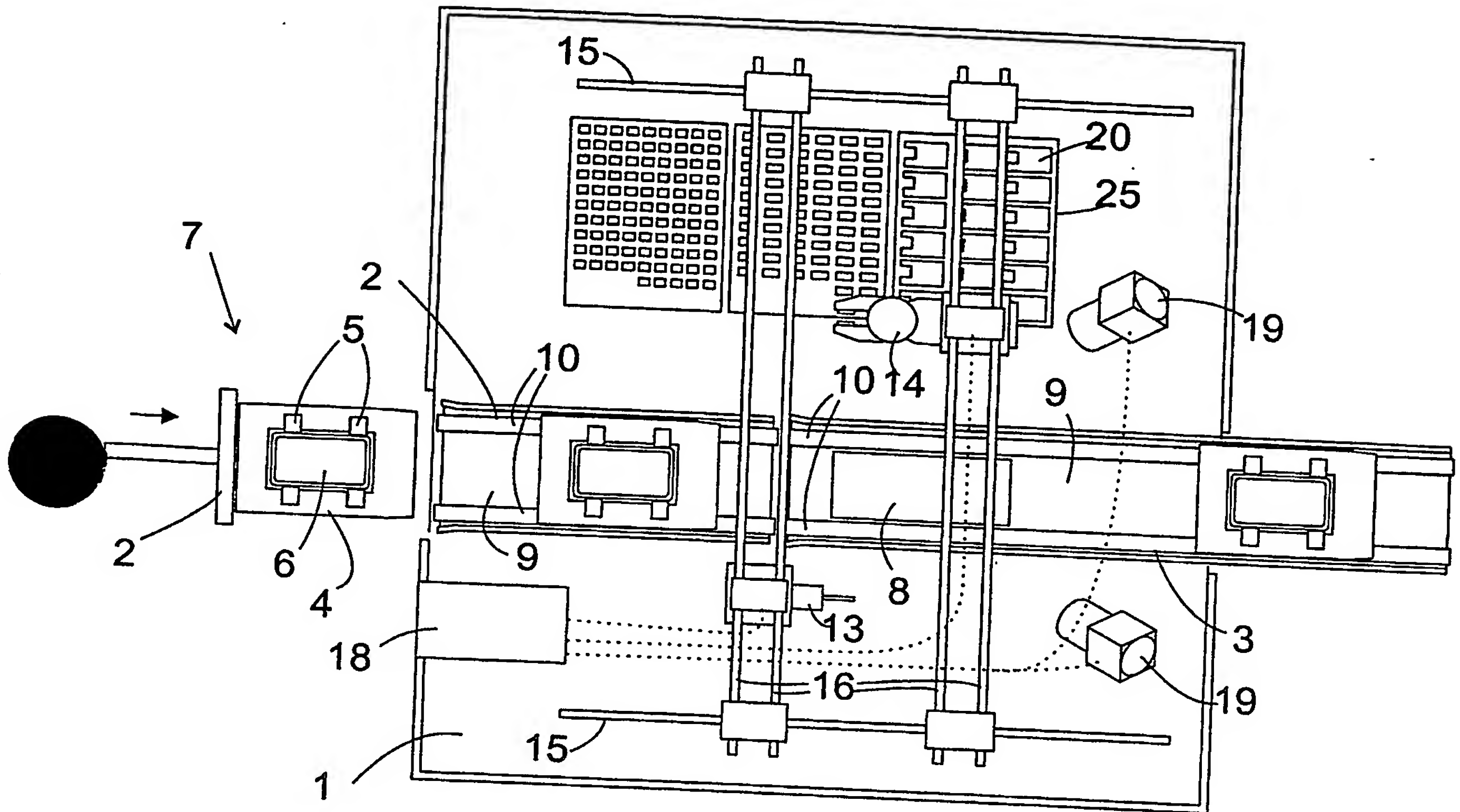


Fig. 2

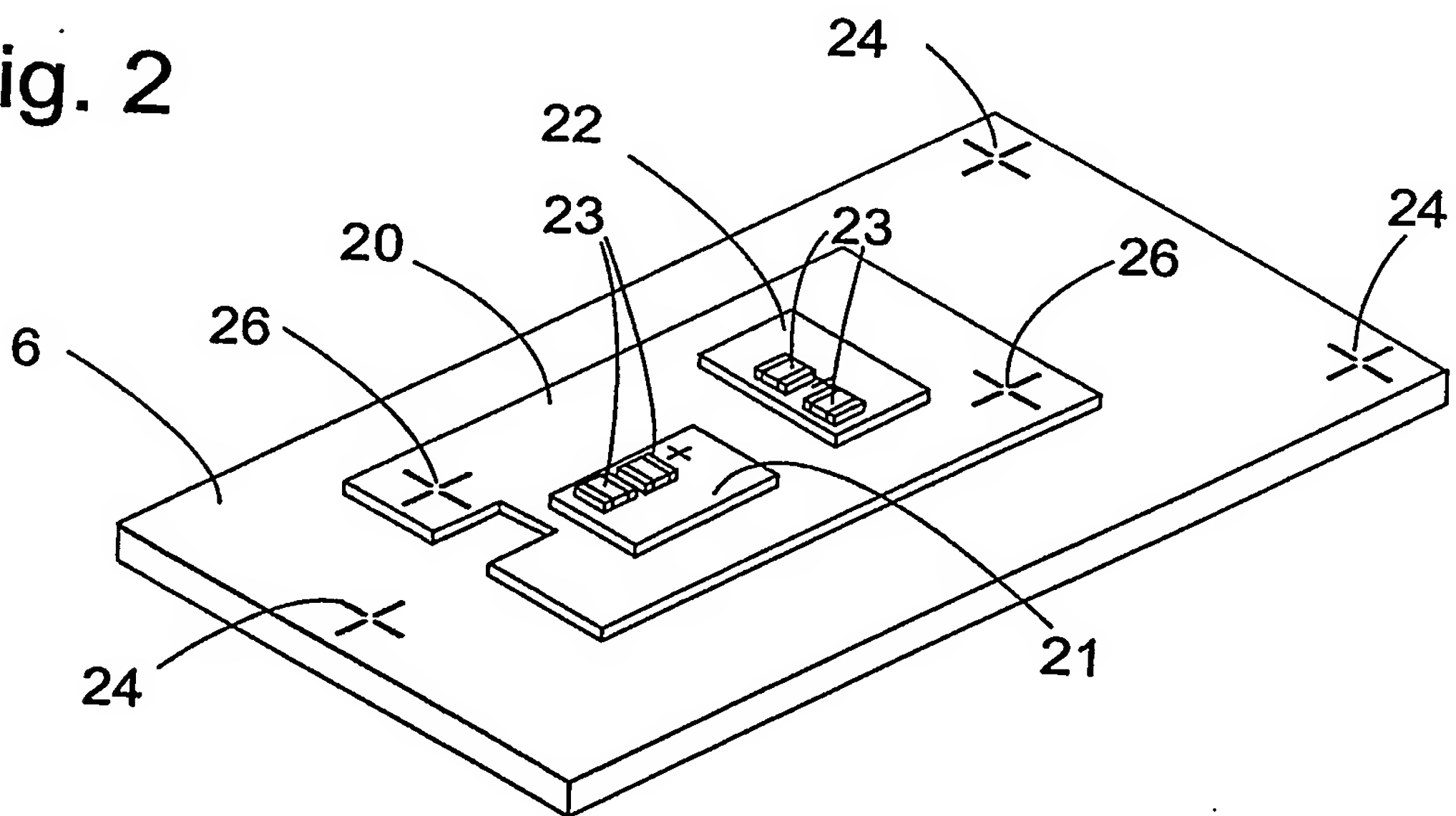


Fig. 3

2/3

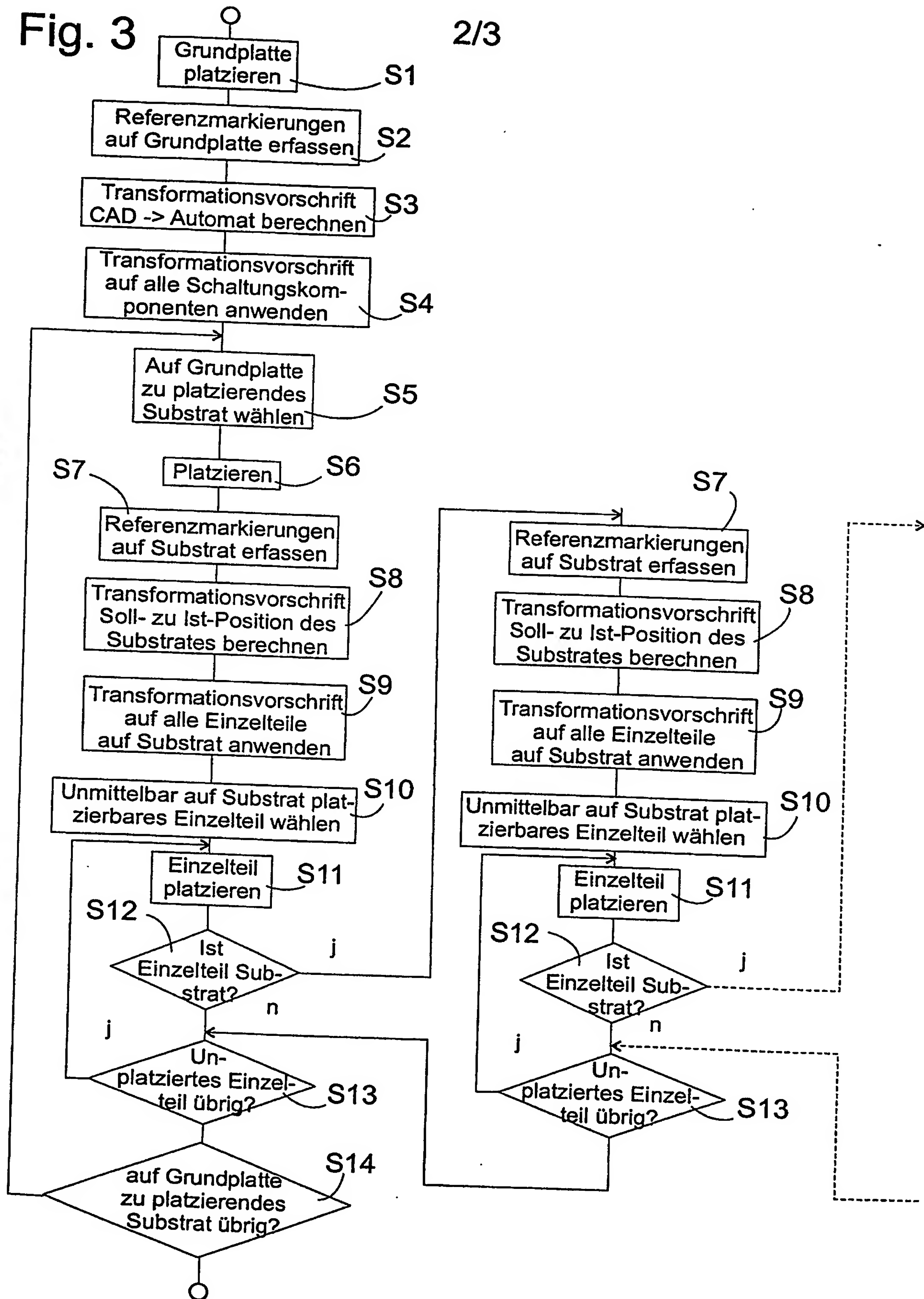


Fig. 4A

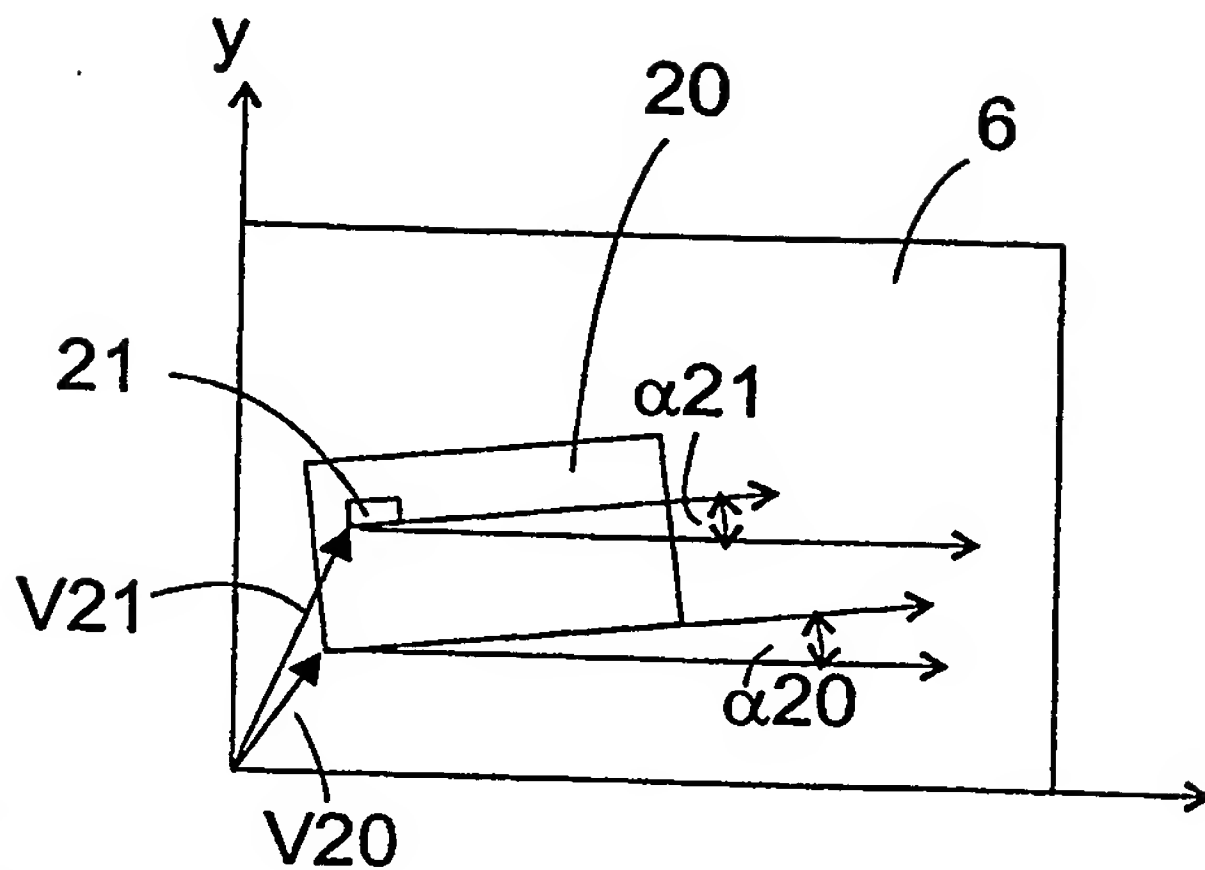


Fig. 4B

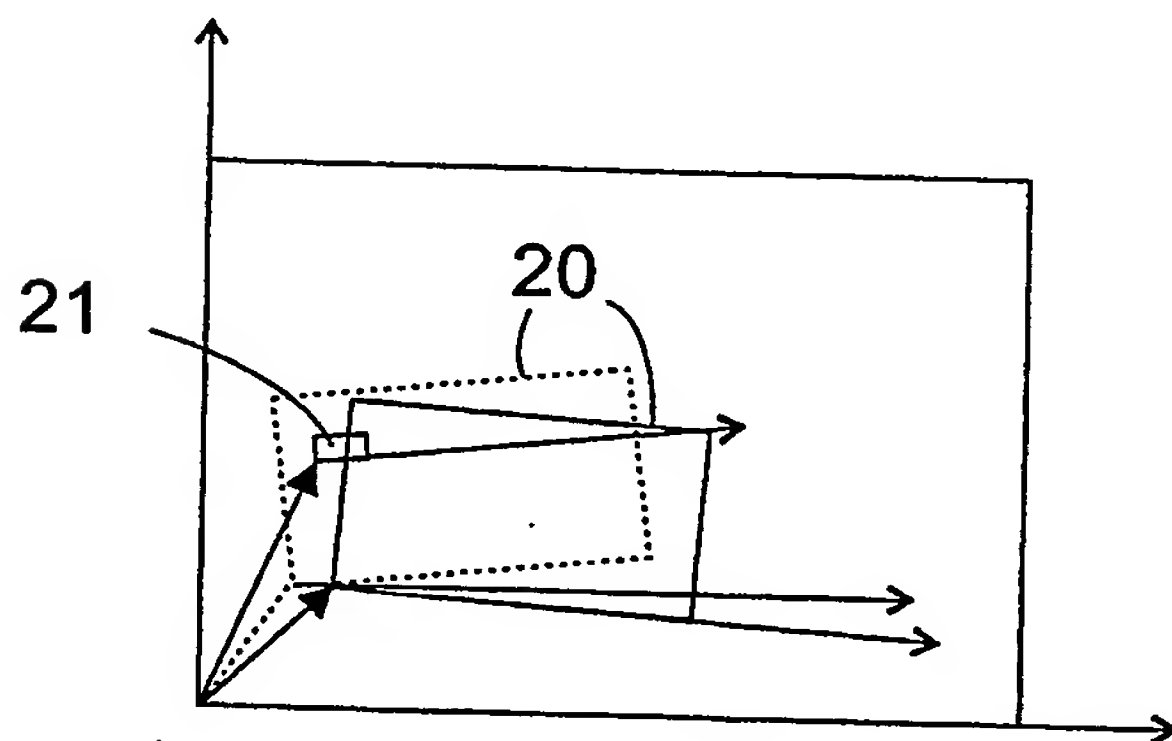


Fig. 4C

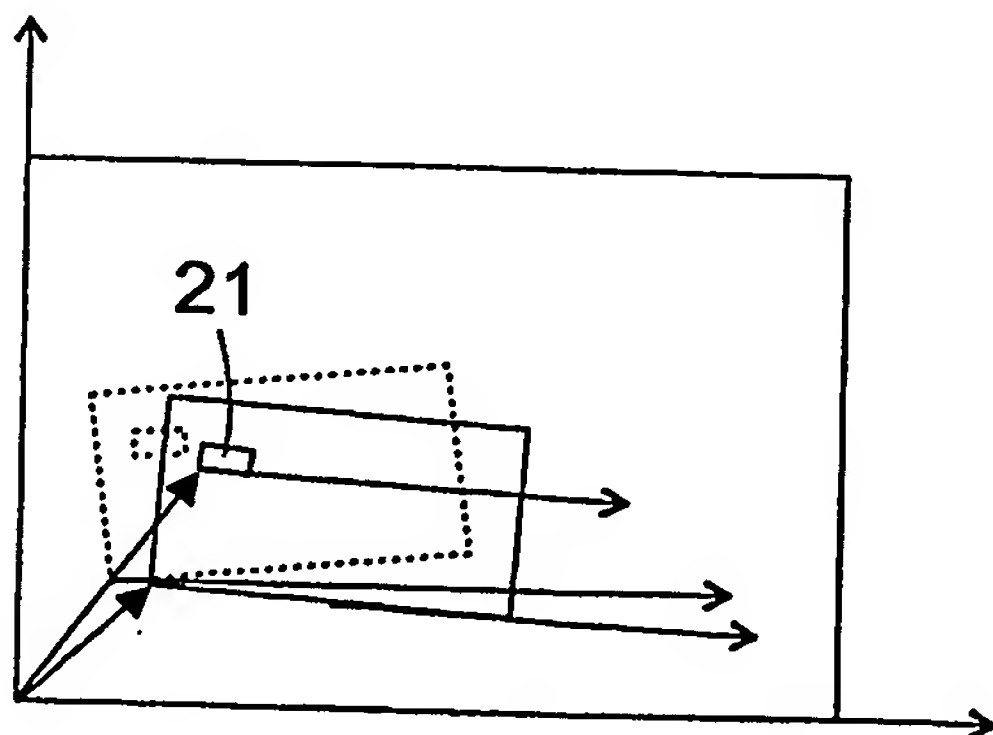
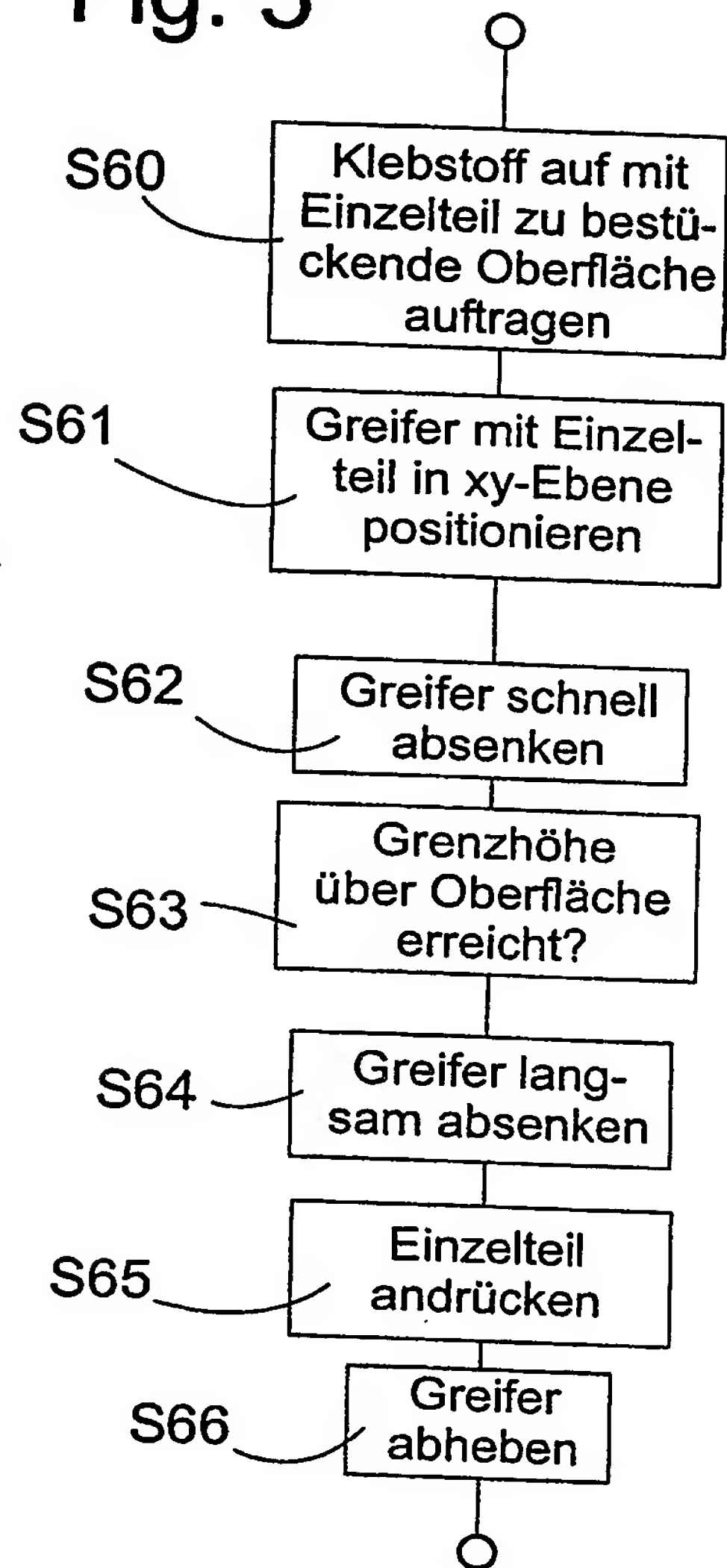


Fig. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**